

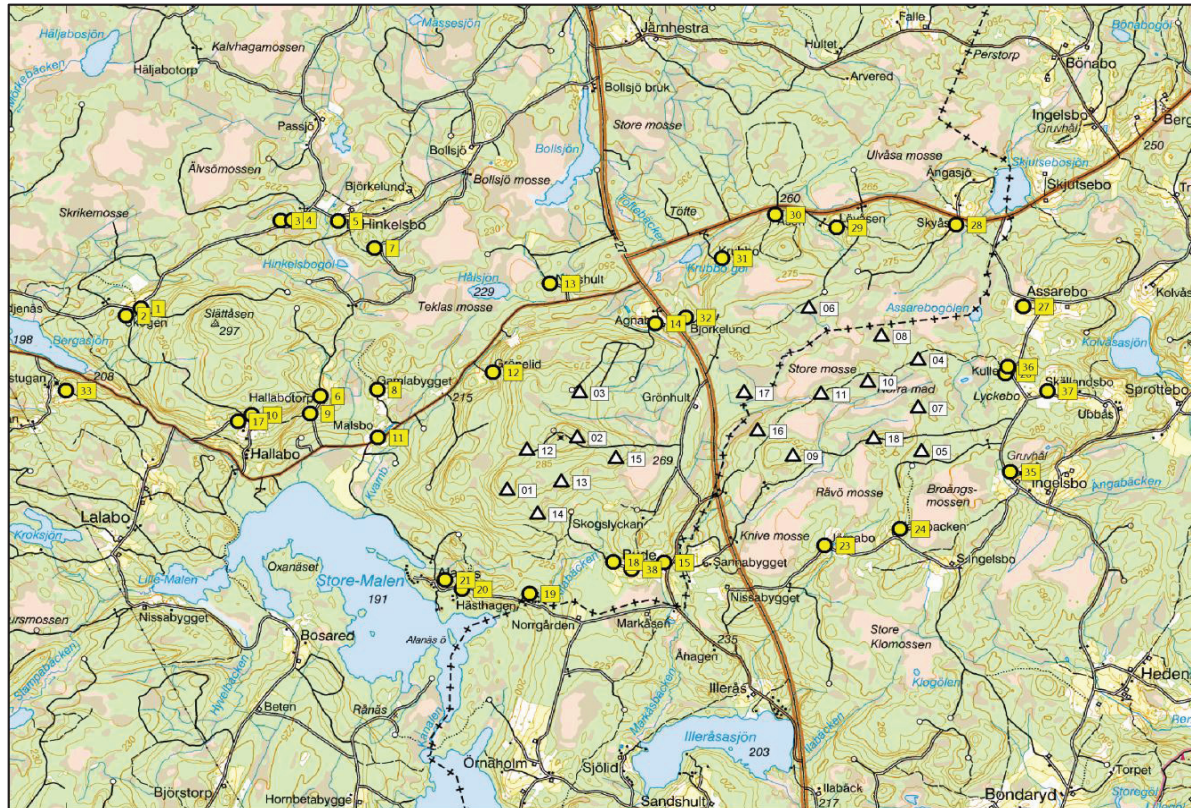
**Bilaga 4a - ljudimmissionsberäkning Vestas V90 totalhöjd  
150 och 200 meter**

# Ljudimmissionsberäkning av ljud från vindkraft

Nytänkande med erfarenhet



## Bilaga A01-A02 - Vestas V90 2 MW - Totalhöjd 150 och 200 m



**Projektnummer: 57115**

**Projekt: Vindkraftpark Grönhult**

**Beräkningsdatum: 2013-10-24**

**Beställare: Vattenfall Vindkraft AB**

**Er referens: Jenny Longworth**

**Vår handläggare: Paul Appelqvist**

**Vår kvalitetsgranskare: Martin Almgren**



| Sida | Titel                    | Innehåll   |
|------|--------------------------|--|
| 3-5  | Allmänna förutsättningar | <b>Verk- och beräkningsdata</b><br>Sida 3 - Beräkningsförutsättningar<br>Sida 4 - Ljuddata<br>Sida 5 - Verksdata |
| 6-7  | Bilaga A01               | <b>Resultat ljudimmission - Totalhöjd 150 m</b><br>Sida 6 - Punktberäkning<br>Sida 7 - Ljudkarta                 |
| 8-9  | Bilaga A02               | <b>Resultat ljudimmission - Totalhöjd 200 m</b><br>Sida 8 - Punktberäkning<br>Sida 9 - Ljudkarta                 |



| Vindkraftpark | Parklayout      | Verktyp         | Antal verk | Navhöjd [m] | Totalhöjd [m] | Ljudeffekt $L_{WA}$ [dBA] |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|-------------|---------------|---------------------------|
| Grönhult      | Totalhöjd 150 m | Vestas V90 2 MW | 18         | 105         | 150           | 104                       |
| Grönhult      | Totalhöjd 200 m | Vestas V90 2 MW | 18         | 155         | 200           | 104                       |

## Beräkningsparametrar i mjukvara

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Beräkningsprogram                      | SoundPLAN 7.1                         |
| Beräkningsstandard                     | Nord2000                              |
| Sökradie                               | 10 000 m                              |
| Beräkningshöjd                         | 1,5 m                                 |
| Lufftryck                              | 1013,25 mbar                          |
| Relativ luftfuktighet                  | 70%                                   |
| Temperatur                             | 15 °C                                 |
| Temperaturgradient                     | 0,05 °C/m                             |
| Råhetslängd enligt NV Rapport 6241     | 0,3                                   |
| Höjd anemometer                        | 10 m                                  |
| Vindhastighet                          | 8 m/s                                 |
| Standardavvikelse vindhastighet        | 1,2 m/s                               |
| Vindriktning                           | Medvind åt alla håll                  |
| Turbulenta vindhastighetsfluktuationer | 0,12 m <sup>4</sup> /3/s <sup>2</sup> |
| Turbulenta temperaturfluktuationer     | 0,008 K/s <sup>2</sup>                |
| Effektiv flödesresistans mark          | Klass D                               |
| Effektiv flödesresistans vatten        | Klass G                               |
| Koordinatsystem                        | RT90 2.5 gon V                        |

Lufftryck, relativ luftfuktighet samt temperatur är standardiserade meteorologiska värden enligt ISA-standard, International Standard Atmosphere. Dessa värden används normalt i de flesta ljudberäkningar och rekommenderas bl.a. för ljudberäkningar av vindkraft i Nord2000 i den "good-practice-guide" som nyligen givits ut i Finland.

Noterbart är också att beräkningarna är utförda för positiv temperaturgradient vilket motsvarar svag inversion. Värdet 0,05 °C/m är det högsta värdet som är godkänt enligt mätmetoden för ljudimmission av vindkraft enligt den av Naturvårdsverket rekommenderade mätmetoden Elforsk 98:24. Ljudnivån vid positiv temperaturgradient blir i regel högre än vid negativ temperaturgradient.

# Ljuddata



| Vindkraftverk   | Reglerinställning | Ljudeffekt | 25 Hz          | 31.5 Hz       | 40 Hz          | 50 Hz           | 63 Hz         | 80 Hz         | 100 Hz         | 125 Hz       | 160 Hz          |
|-----------------|-------------------|------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|--------------|-----------------|
| Vestas V90 2 MW | 0                 | 104,0      | 67,2           | 71,1          | 75,1           | 78,8            | 81,5          | 84,0          | 86,1           | 87,7         | 88,5            |
|                 |                   |            | <b>200 Hz</b>  | <b>250 Hz</b> | <b>315 Hz</b>  | <b>400 Hz</b>   | <b>500 Hz</b> | <b>630 Hz</b> | <b>800 Hz</b>  | <b>1 kHz</b> | <b>1.25k Hz</b> |
|                 |                   |            | 89,5           | 90,8          | 92,0           | 92,3            | 92,8          | 93,1          | 93,4           | 93,7         | 93,9            |
|                 |                   |            | <b>1.6 kHz</b> | <b>2 kHz</b>  | <b>2.5 kHz</b> | <b>3.15 kHz</b> | <b>4 kHz</b>  | <b>5 kHz</b>  | <b>6.3 kHz</b> | <b>8 kHz</b> | <b>10 kHz</b>   |
|                 |                   |            | 92,8           | 91,9          | 90,4           | 89,5            | 88,5          | 85,1          | 78,3           | 69,8         | 61,0            |

**Referens ljuddata:** Frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) har erhållits från leverantörens mät rapport 958475.R0 daterad 2005-03-11. Frekvensspektrum för 7 m/s används i beräkningarna vilket motsvarar frekvensspektrum för högsta uppmätta ljudeffektnivå. Ljudeffektnivån har erhållits från leverantörens dokument 0008-1572 V02 daterad 2012-01-08, där även ovan angivet dokument för frekvensdata refereras. Den ansatta ljudeffektnivån 104 dBA motsvarar leverantörens garanterade ljudeffektnivå för verktypen och aktuell reglerinställningen Mode 0 . Frekvensspektrumet har skalats linjärt för att motsvara garanterad ljudeffektnivå.

Beräkningarna gäller för den angivna ljudeffektnivån. ÅF ger ingen garanti för att ljudeffektnivån stämmer med verkens faktiska ljudeffektnivåer. Noterbart är dock att ansatta ljudeffektnivåer motsvarar leverantörens garanterade värde vilket har viss marginal om de deklarerats på korrekt sätt. Därutöver finns marginal att reglera ner samtliga verk som skyddsåtgärd. Samtliga vindkraftverk i beräkningarna har således minst 3 dB i marginal.

## Verksdata



| Namn                              | X [m]   | Y [m]   | Navhöjd [m] | Navhöjd nivå [möh] | Marknivå [möh] | Ljudeffekt beräkning [dBA] | Ytterligare marginal [dBA] | Reglerinställning |
|-----------------------------------|---------|---------|-------------|--------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| <b>Grönhult - Totalhöjd 150 m</b> |         |         |             |                    |                |                            |                            |                   |
| 1                                 | 1357791 | 6364178 | 105         | 395                | 290            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 2                                 | 1358431 | 6364681 | 105         | 414                | 309            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 3                                 | 1358453 | 6365113 | 105         | 398                | 293            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 4                                 | 1361555 | 6365430 | 105         | 377                | 272            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 5                                 | 1361584 | 6364550 | 105         | 387                | 282            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 6                                 | 1360553 | 6365930 | 105         | 369                | 264            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 7                                 | 1361552 | 6364967 | 105         | 377                | 272            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 8                                 | 1361219 | 6365660 | 105         | 375                | 270            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 9                                 | 1360406 | 6364505 | 105         | 381                | 276            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 10                                | 1361093 | 6365218 | 105         | 373                | 268            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 11                                | 1360666 | 6365101 | 105         | 372                | 267            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 12                                | 1357971 | 6364560 | 105         | 392                | 287            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 13                                | 1358288 | 6364254 | 105         | 383                | 278            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 14                                | 1358069 | 6363948 | 105         | 370                | 265            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 15                                | 1358788 | 6364480 | 105         | 391                | 286            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 16                                | 1360086 | 6364748 | 105         | 371                | 266            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 17                                | 1359959 | 6365114 | 105         | 363                | 258            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 18                                | 1361149 | 6364673 | 105         | 380                | 275            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| <b>Grönhult - Totalhöjd 200 m</b> |         |         |             |                    |                |                            |                            |                   |
| 1                                 | 1357791 | 6364178 | 155         | 445                | 290            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 2                                 | 1358431 | 6364681 | 155         | 464                | 309            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 3                                 | 1358453 | 6365113 | 155         | 448                | 293            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 4                                 | 1361555 | 6365430 | 155         | 427                | 272            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 5                                 | 1361584 | 6364550 | 155         | 437                | 282            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 6                                 | 1360553 | 6365930 | 155         | 419                | 264            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 7                                 | 1361552 | 6364967 | 155         | 427                | 272            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 8                                 | 1361219 | 6365660 | 155         | 425                | 270            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 9                                 | 1360406 | 6364505 | 155         | 431                | 276            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 10                                | 1361093 | 6365218 | 155         | 423                | 268            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 11                                | 1360666 | 6365101 | 155         | 422                | 267            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 12                                | 1357971 | 6364560 | 155         | 442                | 287            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 13                                | 1358288 | 6364254 | 155         | 433                | 278            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 14                                | 1358069 | 6363948 | 155         | 420                | 265            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 15                                | 1358788 | 6364480 | 155         | 441                | 286            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 16                                | 1360086 | 6364748 | 155         | 421                | 266            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 17                                | 1359959 | 6365114 | 155         | 413                | 258            | 104,0                      | 3                          | 0                 |
| 18                                | 1361149 | 6364673 | 155         | 430                | 275            | 104,0                      | 3                          | 0                 |

# Bilaga A01 - Punktberäkning



Beräkningsdatum 2013-10-24

| Namn | X [m]   | Y [m]   | Z,mark [möh] | Leq [dBA] | Leq [dBC] | Leq [dBC] - Leq [dBA] |
|------|---------|---------|--------------|-----------|-----------|-----------------------|
| 1    | 1354439 | 6365935 | 232          | 25        | 47        | 22                    |
| 2    | 1354303 | 6365863 | 229          | 25        | 46        | 21                    |
| 3    | 1355719 | 6366777 | 231          | 27        | 48        | 21                    |
| 4    | 1355823 | 6366785 | 229          | 28        | 49        | 21                    |
| 5    | 1356247 | 6366773 | 221          | 28        | 48        | 20                    |
| 6    | 1356082 | 6365087 | 238          | 31        | 51        | 20                    |
| 7    | 1356579 | 6366515 | 238          | 30        | 51        | 21                    |
| 8    | 1356602 | 6365151 | 224          | 34        | 54        | 20                    |
| 9    | 1355989 | 6364921 | 224          | 31        | 51        | 20                    |
| 10   | 1355455 | 6364908 | 261          | 29        | 50        | 21                    |
| 11   | 1356610 | 6364688 | 206          | 35        | 54        | 19                    |
| 12   | 1357661 | 6365318 | 240          | 38        | 55        | 17                    |
| 13   | 1358186 | 6366173 | 239          | 35        | 54        | 19                    |
| 14   | 1359151 | 6365788 | 251          | 38        | 56        | 18                    |
| 15   | 1359229 | 6363485 | 250          | 37        | 55        | 18                    |
| 17   | 1355329 | 6364845 | 247          | 28        | 50        | 22                    |
| 18   | 1358766 | 6363488 | 244          | 39        | 58        | 19                    |
| 19   | 1358001 | 6363183 | 218          | 38        | 56        | 18                    |
| 20   | 1357381 | 6363228 | 205          | 36        | 55        | 19                    |
| 21   | 1357226 | 6363318 | 207          | 37        | 55        | 18                    |
| 23   | 1360701 | 6363648 | 261          | 38        | 56        | 18                    |
| 24   | 1361391 | 6363808 | 281          | 39        | 58        | 19                    |
| 26   | 1362356 | 6365303 | 285          | 39        | 57        | 18                    |
| 27   | 1362521 | 6365953 | 279          | 36        | 54        | 18                    |
| 28   | 1361906 | 6366738 | 261          | 35        | 54        | 19                    |
| 29   | 1360812 | 6366711 | 273          | 38        | 56        | 18                    |
| 30   | 1360247 | 6366836 | 263          | 35        | 52        | 17                    |
| 31   | 1359762 | 6366416 | 259          | 36        | 54        | 18                    |
| 32   | 1359427 | 6365846 | 263          | 38        | 57        | 19                    |
| 33   | 1353754 | 6365140 | 229          | 23        | 46        | 23                    |
| 35   | 1362402 | 6364358 | 272          | 38        | 56        | 18                    |
| 36   | 1362377 | 6365370 | 290          | 39        | 57        | 18                    |
| 37   | 1362741 | 6365135 | 286          | 36        | 55        | 19                    |
| 38   | 1358933 | 6363420 | 249          | 38        | 56        | 18                    |

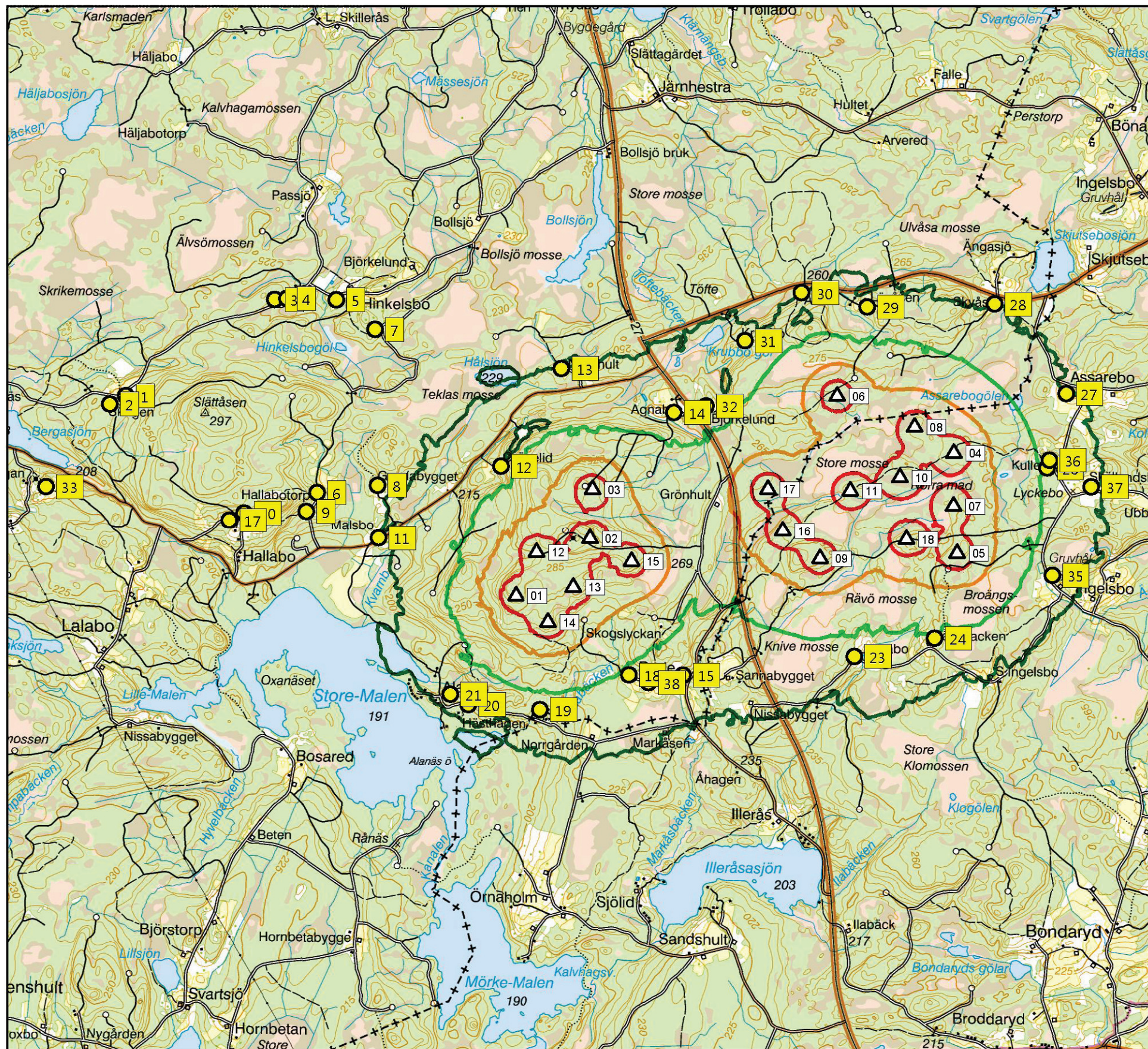
Beräkningen är gjord med antagande om att den ljudkänsliga mottagaren är på höjden 1,5 m ovan mark.

För indexering av ljudkänsliga punkter se ljudkartan.

Observera att om punktberäkningen och ljudutbredningskartan visar på motstridiga resultat, så är det i första hand punktberäkningen som är gällande. Ljudutbredningskartan fungerar som komplement till punktberäkningen.

Beräkningsresultatet är avrundat till närmaste heltal enligt principen, 40,4 dBA avrundas till 40 dBA och 39,6 dBA avrundas till 40 dBA, s.k. svensk avrundning. Det är det avrundade värdet som ska jämföras mot riktvärdet enligt praxis. I aktuella beräkningar ligger dock inget värde över 40,0 dBA.

En större skillnad mellan dBC och dBA uppstår ofta för ljudkänsliga punkter på längre avstånd från vindkraftparker. Orsaken till detta är att höga frekvenser dämpas fortare än låga frekvenser varvid större skillnad uppstår på stora avstånd från en vindkraftpark. Ljudnivån i låga frekvenser blir dock inte högre än nära vindkraftparken utan dämpas också med avståndet.



Ekvivalent ljudnivå Leq i dB(A)  
 (Frifältsvärde 1,5 m ovan mark)



- △ Vindkraftverk
- Ljudkänslig punkt



**Grönhult - Totalhöjd 150 m**

Vindkraftverk: Antal: Navhöjd: Ljudeffekt:  
 Vestas V90 2MW 18 105 m 104 dBA

Beräkningsparametrar beskrivs i dokument:  
 571154 Bilaga A01-A02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 131023

**ÅF-Infrastructure AB**



Besöksadress: Frösundaleden 2A  
 169 99 Stockholm, Box 8133

www.afconsult.com

|           |                 |             |                |
|-----------|-----------------|-------------|----------------|
| Skapad av | Paul Appelqvist | Granskad av | Martin Almgren |
| Projektnr | 571154          | Ritning     | A01            |
| Datum     | 2013-10-23      |             |                |



# Bilaga A02 - Punktberäkning



Beräkningsdatum 2013-10-24

| Namn | X [m]   | Y [m]   | Z,mark [möh] | Leq [dBA] | Leq [dBC] | Leq [dBC] - Leq [dBA] |
|------|---------|---------|--------------|-----------|-----------|-----------------------|
| 1    | 1354439 | 6365935 | 232          | 24        | 46        | 22                    |
| 2    | 1354303 | 6365863 | 229          | 24        | 45        | 21                    |
| 3    | 1355719 | 6366777 | 231          | 27        | 48        | 21                    |
| 4    | 1355823 | 6366785 | 229          | 27        | 49        | 22                    |
| 5    | 1356247 | 6366773 | 221          | 28        | 48        | 20                    |
| 6    | 1356082 | 6365087 | 238          | 32        | 52        | 20                    |
| 7    | 1356579 | 6366515 | 238          | 30        | 50        | 20                    |
| 8    | 1356602 | 6365151 | 224          | 34        | 54        | 20                    |
| 9    | 1355989 | 6364921 | 224          | 31        | 52        | 21                    |
| 10   | 1355455 | 6364908 | 261          | 28        | 50        | 22                    |
| 11   | 1356610 | 6364688 | 206          | 35        | 54        | 19                    |
| 12   | 1357661 | 6365318 | 240          | 39        | 55        | 16                    |
| 13   | 1358186 | 6366173 | 239          | 36        | 55        | 19                    |
| 14   | 1359151 | 6365788 | 251          | 38        | 57        | 19                    |
| 15   | 1359229 | 6363485 | 250          | 37        | 55        | 18                    |
| 17   | 1355329 | 6364845 | 247          | 27        | 49        | 22                    |
| 18   | 1358766 | 6363488 | 244          | 39        | 57        | 18                    |
| 19   | 1358001 | 6363183 | 218          | 38        | 57        | 19                    |
| 20   | 1357381 | 6363228 | 205          | 37        | 55        | 18                    |
| 21   | 1357226 | 6363318 | 207          | 37        | 56        | 19                    |
| 23   | 1360701 | 6363648 | 261          | 38        | 56        | 18                    |
| 24   | 1361391 | 6363808 | 281          | 39        | 58        | 19                    |
| 26   | 1362356 | 6365303 | 285          | 39        | 57        | 18                    |
| 27   | 1362521 | 6365953 | 279          | 36        | 54        | 18                    |
| 28   | 1361906 | 6366738 | 261          | 35        | 53        | 18                    |
| 29   | 1360812 | 6366711 | 273          | 38        | 56        | 18                    |
| 30   | 1360247 | 6366836 | 263          | 35        | 52        | 17                    |
| 31   | 1359762 | 6366416 | 259          | 37        | 55        | 18                    |
| 32   | 1359427 | 6365846 | 263          | 39        | 57        | 18                    |
| 33   | 1353754 | 6365140 | 229          | 23        | 46        | 23                    |
| 35   | 1362402 | 6364358 | 272          | 38        | 56        | 18                    |
| 36   | 1362377 | 6365370 | 290          | 39        | 57        | 18                    |
| 37   | 1362741 | 6365135 | 286          | 36        | 55        | 19                    |
| 38   | 1358933 | 6363420 | 249          | 38        | 56        | 18                    |

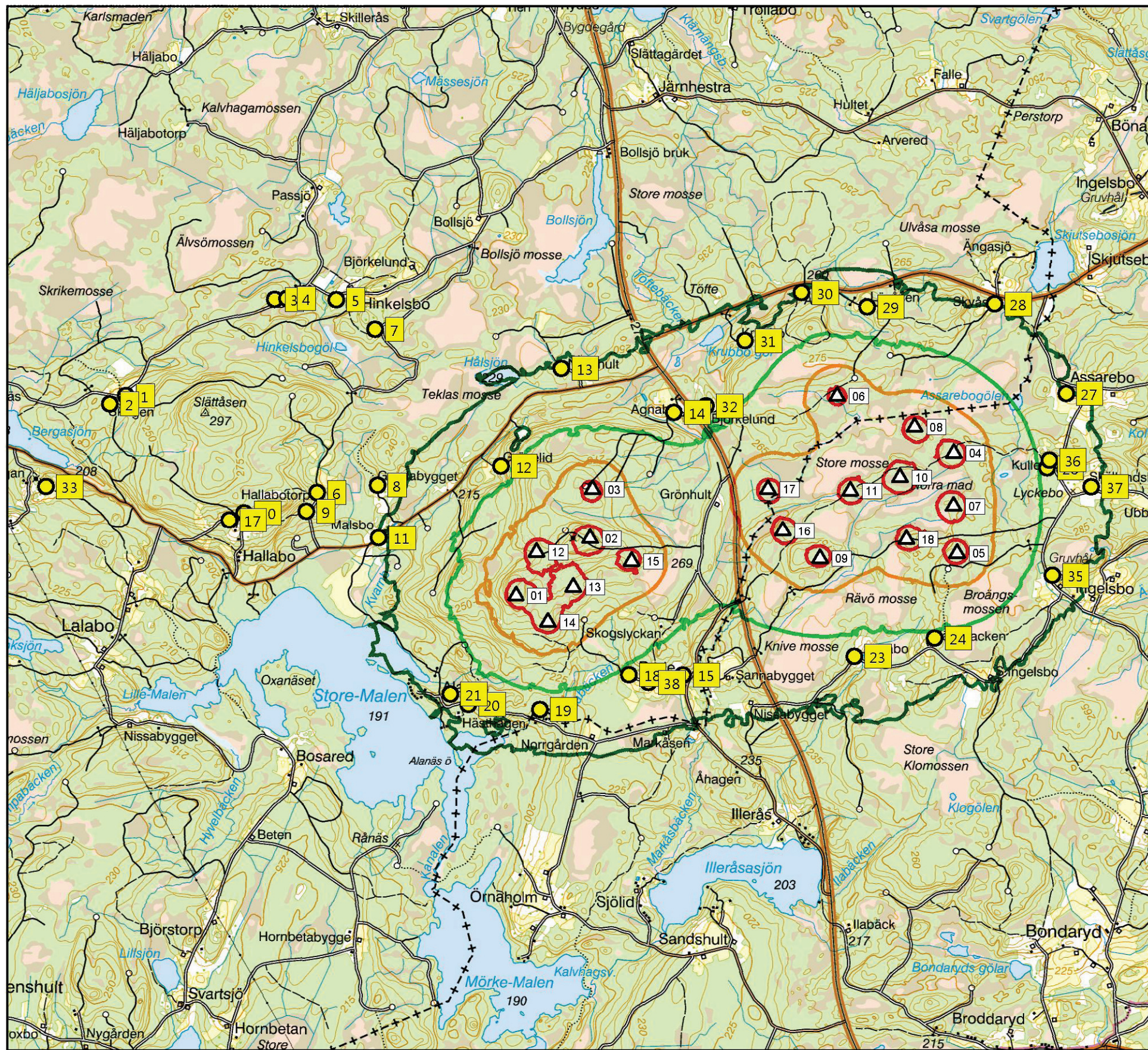
Beräkningen är gjord med antagande om att den ljudkänsliga mottagaren är på höjden 1,5 m ovan mark.

För indexering av ljudkänsliga punkter se ljudkartan.

Observera att om punktberäkningen och ljudutbredningskartan visar på motstridiga resultat, så är det i första hand punktberäkningen som är gällande. Ljudutbredningskartan fungerar som komplement till punktberäkningen.

Beräkningsresultatet är avrundat till närmaste heltal enligt principen, 40,4 dBA avrundas till 40 dBA och 39,6 dBA avrundas till 40 dBA, s.k. svensk avrundning. Det är det avrundade värdet som ska jämföras mot riktvärdet enligt praxis. I aktuella beräkningar ligger dock inget värde över 40,0 dBA.

En större skillnad mellan dBC och dBA uppstår ofta för ljudkänsliga punkter på längre avstånd från vindkraftparker. Orsaken till detta är att höga frekvenser dämpas fortare än låga frekvenser varvid större skillnad uppstår på stora avstånd från en vindkraftpark. Ljudnivån i låga frekvenser blir dock inte högre än nära vindkraftparken utan dämpas också med avståndet.



Ekvivalent ljudnivå Leq i dB(A)  
 (Frifältsvärde 1,5 m ovan mark)



- △ Vindkraftverk
- Ljudkänslig punkt



**Grönhult - Totalhöjd 200 m**

Vindkraftverk: Antal: Navhöjd: Ljudeffekt:  
 Vestas V90 2MW 18 155 m 104 dBA

Beräkningsparametrar beskrivs i dokument:  
 571154 Bilaga A01-A02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 131023

**ÅF-Infrastructure AB**



Besöksadress: Frösundaleden 2A  
 169 99 Stockholm, Box 8133

www.afconsult.com

|           |                 |             |                |
|-----------|-----------------|-------------|----------------|
| Skapad av | Paul Appelqvist | Granskad av | Martin Almgren |
| Projektnr | 571154          | Ritning     | A02            |
| Datum     | 2013-10-23      |             |                |